《等离子体炬阴、阳极组件寿命评定方法》

（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本项目根据中国欧洲经济技术合作协会2026年团体标准制定计划，《等离子体炬阴、阳极组件寿命评定方法》，项目计划号T/CEATEC-2026-253，于2026年7月29日正式立项。

（二）起草单位及主要起草人

本文件起草单位：宝武装备智能科技有限公司、核工业西南物理研究院、江苏先竞等离子体技术研究院有限公司、中国科学技术大学、中国科学院合肥物质科学研究院、安徽省新能电气科技有限公司。

本文件主要起草人：牛广辉、江梓玮、程昌明、孙懿、陈仙辉、赵鹏、陈佺、宗立杏、凌钧、夏维东。

（三）标准制定目的和意义

从产业角度分析，制定《等离子体炬阴、阳极组件寿命评定方法》团体标准的目的和意义主要体现在以下几个方面：

1.目的

等离子体炬阴、阳极组件是决定等离子体炬服役寿命与运行成本的核心部件，直接承受高温电弧烧蚀、热循环冲击与冷却介质作用，广泛应用于冶金处理、先进材料制备、危险废物处置、煤粉点火、工业加热等领域。随着国内热等离子体产业快速发展，大功率等离子体炬市场应用规模持续扩大，但阴、阳极组件的寿命评定目前行业缺少统一方法，不同单位在试验条件、检测节点、烧蚀测量方式、失效判据、寿命计算规则方面缺乏统一规范，各企业技术文件、测试条件不一致，造成组件寿命数据难以横向对

比，设备选型、备件采购、质量验收缺少依据，制约了行业规范化发展。

制定本团体标准，首要目的是统一等离子体炬阴、阳极组件寿命评定的术语定义、评定原理、试验条件、评定项目、评定方法、寿命计算与结果评价、试验报告及安全要求，为组件寿命验证、产品验收、现场应用提供统一技术基准。其次，通过明确电弧稳定性、冷却系统、电极烧蚀控制、电气性能、寿命终点判定等关键评定项目与测试流程，引导生产企业优化电极结构、材料选型、冷却设计，提升组件运行稳定性、安全性与服役寿命。再者，为下游用户备件选型、到货检验、运维更换提供评判依据，减少因寿命数据不清晰带来的项目风险，降低非计划熄弧、电极过早烧蚀等造成的停机损失。同时，推动科研院所技术成果向产业化落地，助力国内大功率等离子体装备技术迭代，提升国产装备整体水平。

2.意义

从技术层面：标准明确等离子体炬阴、阳极组件从试验条件、评定项目到寿命计算与结果评价的全套评定方法与试验手段，解决当前行业寿命表征不一、试验方法五花八门的问题，减少企业产品研发与验证的试错成本，为异形炬等特殊定制产品的电极组件提出评定约束与使用边界，支撑危废处置、冶金等重大工业场景装备开发。从行业层面：填补国内等离子体炬阴、阳极组件寿命评定方法团体标准空白，规范市场秩序，提升组件寿命数据透明度，便于不同厂家产品开展公平比对，促进行业良性竞争，推动优质装备技术推广应用。从安全应用层面：等离子体炬涉及高压电气、高温电弧、冷却水循环、特种工作气体，本标准强化试验系统安全、冷却系统监测、应急处置与拆装处置等安全要求，降低设备运行安全隐患，保障操作人员与成套系统安全。从产业价值层面：标准对接国内科研与产业实际工况，有利于国产大功率等离子体装备技术标准化、产业化，提升国产装备市场竞争力，支撑固废无害化处置、高端冶金、清洁能源相关产业高质量发展。

综上，制定《等离子体炬阴、阳极组件寿命评定方法》团体标准，对补齐行业标准短板、规范组件寿命评定、保障使用安全、推动热等离子体技术产业化应用具有重要现实意义。

（四）主要工作过程

1.前期准备工作

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛搜集相关的材料。同时，标准编制小组安排相关人员，多次与相关行业人员进行调研、交流，广泛征求标准制定方面的意见和建议。

2026 年 7 月 29 日本团体标准由中国欧洲经济技术合作协会正式立项，立项名称为：《等离子体炬阴、阳极组件寿命评定方法》。

2.标准起草过程

2026 年 7 月，团体标准立项通知公示后，标准编制小组首先组织了标准制定工作会议，各编写人员根据工作计划分工和编写要求开展了相关工作。在标准起草期间，编制小组主编单位及参编单位组织了数次内部研讨会和专家咨询会，经过多次修改，于 2026 年 10 月初完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

二、标准编制原则和依据

（一）编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定及相关要求编制。

（二）标准主要内容与确定依据

1.标准主要内容

1.1 范围

本文件规定了等离子体炬阴、阳极组件寿命评定的术语和定义、评定原理、试验条件、评定项目、评定方法、寿命计算与结果评价、试验报告及安全要求。

本文件适用于等离子体炬阴、阳极组件额定工况下的寿命评定，可用于冶金、先进材料制备、危废处置、煤粉点火及工业加热等领域的等离子体炬电极组件。不适用于等离子切割、焊接炬电极以及脉冲短时放电等离子体电极组件。

1.2 规范性引用文件

GB/T 5959.1　电热和电磁处理装置的安全　第 1 部分：通用要求

GB 5959.5　电热装置的安全　第5部分：对等离子体装置的特殊要求

GB/T 10066.5　电热装置的试验方法　第5部分：电热和电化学用等离子体设备

1.3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

1.4 评定原理

对评定原理进行规定。

1.5 试验条件

对样品要求、试验系统要求、测量仪器要求、试验环境要求进行规定。

1.6 评定项目

对电弧稳定性、冷却系统、电极烧蚀控制、电气性能要求、寿命终点判定要求进行规定。

1.7 评定方法

对试验准备、工况调试、连续寿命试验、烧蚀检测方法、失效判定试验、平行试验进行规定。

1.8 寿命计算与结果评价

对寿命计算方法、评定结论判定、结果溯源资料要求进行规定。

1.9 试验报告

对报告基本信息、试验过程记录、检测与评定结果进行规定。

1.10 安全要求

对总体要求、应急处置、拆装与处置进行规定。

2.确定标准主要内容的依据

依据相关法规和标准要求，参考GB 5959.1、GB 5959.5等离子体电热装置安全标准及GB/T 10066.5电热装置试验方法等国家现行标准，为本标准的试验系统安全、试验流程和仪器要求建立系统框架。其次，以行业工程实践为依据，汇总起草单位科研试验数据、装备制造经验以及危废处置、冶金等现场实际运行工况，梳理起弧失败、非计划熄弧、电极烧蚀过快、水路渗漏、冷却失效、绝缘下降等行业高频故障点，针对性设

置电弧稳定性、冷却系统和寿命终点判定指标。再次，注重评定方法可操作性，寿命评定以额定工况下累计有效电弧运行时长为表征量，通过在线状态监测与周期性停机检测相结合的方式跟踪烧蚀进程，检测节点设置兼顾阴极烧蚀主要发生在运行初期的规律，首次拆机检测安排在试验初期，其后根据烧蚀进程逐步延长检测间隔；对于异形定制等离子体炬电极组件，不做一刀切强制寿命限值，要求企业在技术文件中明确寿命保证值与边界条件。同时，参考国内科研文献与行业研究成果，区分转移弧、非转移弧不同工作模式特点，对电弧电压波动结合异常漂移设置失效判定依据，方便标准使用者理解指标差异来源。最后，评定规则兼顾成本可行性，平行试验要求同型号同批次至少两组，寿命结果偏差在规定范围内取算术平均值，偏差超出规定限值时分析差异来源并补充重复试验，兼顾评定质量管控与企业测试成本。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

编制组收集各参与单位等离子体炬阴、阳极组件试验台测试数据与现场工程运行记录，覆盖不同功率等级、不同工作气体、转移 / 非转移多种电弧模式样机，开展寿命评定数据分析，对电弧稳定性、起弧成功率、非计划熄弧诱因、电极烧蚀速率、冷却失效风险、电气绝缘失效案例进行汇总分析，支撑标准评定项目、试验条件、寿命终点判定准则的确定。

技术经济层面：本标准实施后，从制造端，企业可以依托统一方法开展组件寿命验证，减少盲目开发；通过标准对电极结构、材料选型、冷却设计的指引，优化组件设计，降低电极损耗，提升整机可靠性。从应用端，统一评定方法可以减少供需双方技术纠纷，降低因非计划熄弧、电极过早损坏带来生产线停机、工艺中断损失；冷却水监测、电气安全条款能够减少安全事故风险。

预期经济效果：一是规范组件寿命评定，减少项目供需技术争议，降低设备调试、售后运维成本；二是引导企业提升电极烧蚀控制水平，延长阴极、阳极喷嘴易损件服役周期；三是减少备件采购与停机更换成本；四是助力国产大功率等离子体炬产品规范化，提升国产装备在危废处置、冶金行业的市场认可度，带动国内热等离子体装备产业高质量发展。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准的制定过程、技术要求的选定、试验方法的确定、检验项目设置等符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、废止现行有关标准的建议

本标准不涉及对现行标准的废止。

七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

八、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

九、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

本标准首次制定，没有特殊要求。

十、其他应予说明的事项

无。

《等离子体炬阴、阳极组件寿命评定方法》团体标准编制组

2026 年 10 月